

PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS VOLCÁNICAS DEL CERRO LA TETA Y EL ARROYO JURAREIN, ALTA GUAJIRA COLOMBIANA

Juan Carlos Salazar-Torres¹; Walter Jair Agudelo¹;
Luz Mary Toro Toro¹; Mario Moreno-Sánchez¹; Arley de J. Gómez-Cruz¹

RESUMEN

Este trabajo tiene como propósito brindar nuevos datos analíticos, complementando los ya existentes de las rocas volcánicas de edad jurásica del Cerro La Teta y el Arroyo Jurarein en el sector de la Alta Guajira. Se realizó una caracterización geoquímica para tres muestras recolectadas en el área, donde se analizaron elementos mayores, menores y traza, que indican que estas rocas poseen una afinidad subalcalina de la serie calco-alcalina. Los diagramas normalizados a condrito muestran abundancias de elementos de tierras raras livianas (LREE) $(La/Yb)_N$ de 6,38 – 37,17 y de $(La/Ce)_N$ de 1,31 - 1,35 con relación a las tierras raras pesadas (HREE) $(Gd/Yb)_N$ de 1,15 – 1,35. Los diagramas geotectónicos evidencian que estas rocas se formaron en ambientes colisionales con afinidad calco-alcalina. En este trabajo se sugiere que durante la generación de las volcanitas de la unidad Riodiacita del Cerro de La Teta la Península de la Guajira Colombiana se hallaba en una posición más al suroccidente de la sugerida por Kennan and Pindell (2009), mucho más cerca de la zona de subducción de la Placa Farallón.

Palabras clave: Riolitas, Cerro La Teta, Petrografía, Geoquímica, Calco-alcalino, Guajira.

PETROLOGY AND GEOCHEMISTRY OF THE VOLCANIC ROCKS OF CERRO LA TETA AND JURAREIN CREEK, HIGH GUAJIRA - COLOMBIA

ABSTRACT

This work aims to provide new analytical data, complementing the existing information about the Jurassic volcanic rocks of Cerro La Teta and Jurarein creek in the high area of la Guajira. A Geochemical characterization for three field samples collected in the area was made; major, minor and trace elements were analyzed, indicating a sub alkaline affinity from calc-alkaline series using characterization diagrams for volcanic rocks. The chondritic normalized diagrams show abundance of light rare earth elements (LREE) $(La/Yb)_N$ of 6,38 – 37,17 and of $(La/Ce)_N$ of 1,31 - 1,35 instead of heavy rare earth elements (HREE) $(Gd/Yb)_N$ of 1,15 – 1,35. Geotectonic diagrams suggest that these rocks were formed in a collisional environment, with a calc-alkaline affinity. Analyzing these data we can suggest that during the generation of the volcanic rhyodacite of the Cerro La Teta, the Colombian Guajira Peninsula was in a more southwestern position than the proposed by Kennan and Pindell (2009), closer to Farallon Plate subduction zone.

Keywords: Rhyolite, Cerro La Teta, Petrography, Geochemistry, Calc-alkaline, Guajira.

¹ Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ciencias Geológicas. Calle 65 26-10 Manizales, Colombia. juank8612@hotmail.com, waltergeoagudelo@hotmail.com, luz.toro@ucaldas.edu.co, msanchez.mario@gmail.com, arley.gomez@ucaldas.edu.co

INTRODUCCIÓN

El origen del cinturón volcánico de edad Jurásico expuesto al occidente de la Cordillera Central Colombiana, la Sierra Nevada de Santa Marta y la Península de la Guajira, no ha sido definido claramente. Los modelos propuestos sugieren arcos volcánicos continentales y/o extensión continental asociada a la ruptura del Pangea (para una síntesis ver Bayona *et al.*, 2006). Las rocas volcánicas de la Península de la Guajira son las más septentrionales de esta faja volcánica, lo que las sitúa muy al interior continental durante la conformación del Pangea (Pindell, 1985; Pindell and Barrett, 1990). Una de las consecuencias de aplicar este modelo paleogeográfico es ajustar la posición de los

bloques Chortis y Maya en el norte de Sudamérica, y además explicar el vulcanismo en esta última región.

Con los datos geoquímicos obtenidos en las rocas volcánicas del sector sureste de la Península de la Guajira colombiana se aporta nueva información que permitirá aclarar el desarrollo tectónico del norte Sudamericano. Los datos geoquímicos fueron obtenidos de muestras recolectadas en las rocas efusivas del Cerro La Teta y el Arroyo Jurarein (FIGURA 1) que conforman la llamada Riodacita del Cerro de La Teta (MacDonald and Opdyke, 1972). Se presenta un análisis del ambiente geotectónico y una hipótesis acerca de la ubicación geográfica de la Península de la Guajira durante el Jurásico medio-tardío (?).

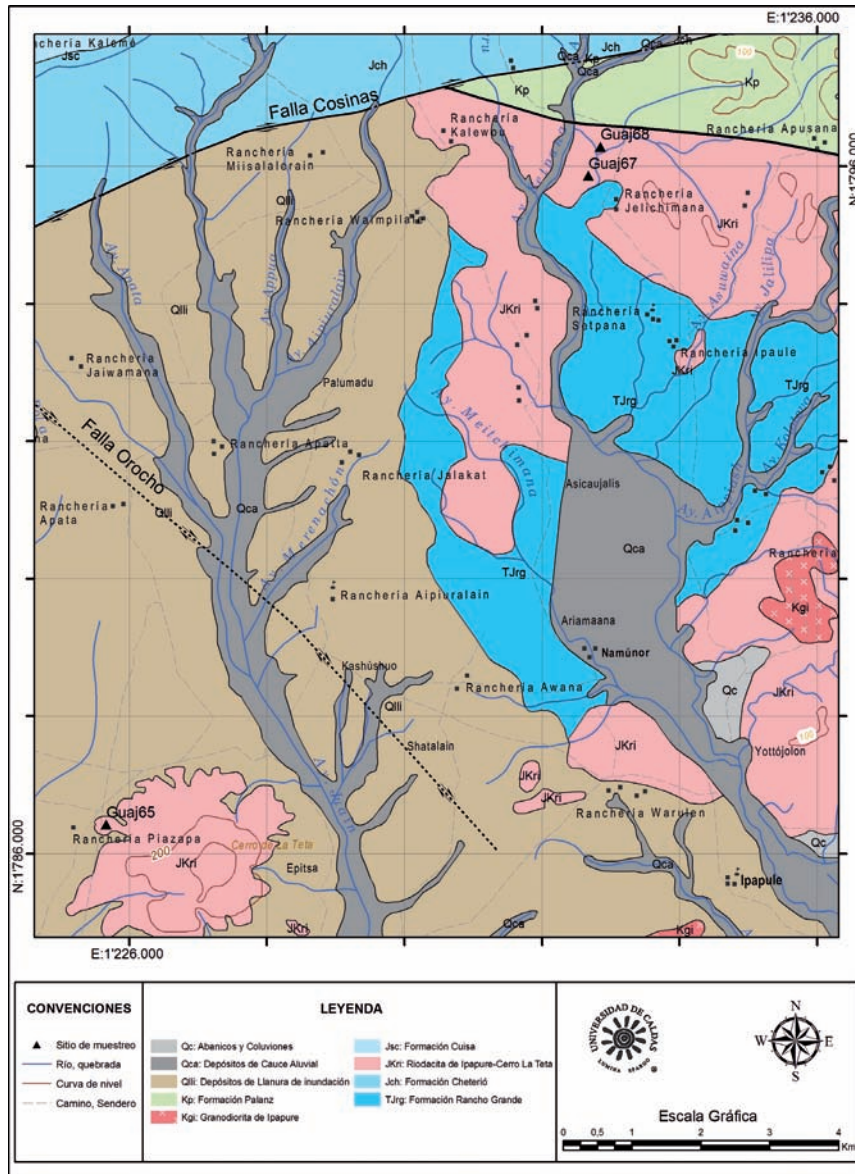


FIGURA 1. Mapa Geológico y de localización de sitios de muestreo (modificado de Zuluaga *et al*, 2009).

La unidad Riodacita del Cerro de la Teta se atribuye a Radelli (1960), el cual agrupa con este nombre las lavas riódacíticas que afloran al norte de Ipapure, en el Cerro La Teta y en la parte sur de la Serranía de Cosinas. Por otra parte, MacDonald and Opdyke (1972) denominan informalmente Riodacita del Cerro La Teta a las rocas volcánicas que afloran en ese sitio. En el mapa geológico de Irving (1972) estas rocas son presentadas como las “Volcanitas del área de Ipapure”, mientras que en el trabajo de Zuluaga *et al.* (2009) la unidad aparece denominada como “Riodacita de Ipapure - Cerro La Teta”.

Las rocas volcánicas y piroclásticas de Ipapure, están compuestas principalmente por lavas riódacíticas y tobas con tamaño de grano ceniza y lapilli. Según Zuluaga *et al.* (2009) las tobas son de composición riolítica y dacítica.

En Colombia, la génesis del magmatismo ácido de edad Jurásico, manifestado por ejemplo en la Granodiorita de Ipapure (Radelli, 1960), ha sido interpretado habitualmente como el resultado de vulcanismo en un *rift* activo que ocasionalmente se asocia con la apertura del Protocaribe (ver Medina *et al.*, 2009). Se ha sugerido que las rocas ígneas del Cerro La Teta son el producto de la actividad volcánica generada durante el Jurásico Medio – Tardío, bajo un régimen tectónico distensivo generado por la separación de Norteamérica y Suramérica (Medina *et al.*, 2009).

MacDonald and Opdyke (1972) aportan una edad K/Ar de 125 y 95 Ma para las rocas volcánicas del Cerro La Teta, con un recálculo posterior que indica una edad de 143 ± 7 Ma. Sin embargo, según las relaciones de campo, las rocas volcánicas deben ser más antiguas que la edad radiométrica puesto que las riolitas de Ipapure se encuentran suprayacidas en contacto discordante por la Formación Palanz de edad Cretácico Temprano (Berriasiano) (Rollins, 1965). El contacto discordante entre las riódacitas de Ipapure y la Formación Palanz puede ser observado en los alrededores del Arroyo Juraren, a 15 km al noreste del Cerro La Teta.

Recientemente Zuluaga *et al.* (2009) para las lavas del Cerro La Teta arrojaron una edad de 172 ± 17 Ma métodos Rb/Sr – Sm /Nd en roca total.

METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo, se desarrolló una cartografía geológica, recolección de muestras y

localización mediante GPS de tres muestras de roca para análisis petrográficos y geoquímicos; recopilación bibliográfica de información existente sobre algunos trabajos relacionados a vulcanismo ácido. Los análisis químicos se realizaron en los laboratorios de Acme Labs en Canadá (Activation Laboratories de Ancaster. <http://www.actlabs.com/>), los contenidos de elementos mayores, menores y elementos trazas, listados en la (TABLA 1), fueron realizados por XRF (fluorescencia de rayos X) e ICP-MS (*inductively couple plasma-spectrometry*) y los análisis petrográficos se realizaron en los laboratorios de Petrología del IIES de la Universidad de Caldas. Los datos geoquímicos fueron trabajados en un *software* para petrología ígnea llamado GCDKIT 3.00 beta <http://www.gcdkit.org/> (versión libre), que por medio de diagramas permite interpretar los patrones de variación geoquímica.

RESULTADOS

Petrografía

Se realizó el análisis petrográfico de las muestras con el objeto de estimar las características texturales y la paragénesis mineralógica de las rocas. El análisis modal (TABLA 1) se llevó a cabo utilizando un conteo de puntos; para las rocas con textura porfídica, se calcularon las proporciones modales de los fenocristales (considerando como tales los cristales de dimensiones mayores a 0,5 mm). Las muestras analizadas macroscópicamente son rocas de color gris claro a oscuro con tonalidades rosadas a verdosas que corresponden a riolitas porfiríticas, con texturas porfiríticas definidas por fenocristales de feldespatos y cuarzo con tamaños que van desde 2 mm hasta 8 mm inmersos en una masa fundamental con tamaños de grano muy fino hasta afanítica. Microscópicamente corresponden a rocas con texturas porfiríticas, vitrofidicas, felsíticas, glomeroporfiríticas, seriadas y masa fundamental felsítica microcristalina - criptocristalina. La relación de fenocristales y masa fundamental, está entre (18-35%) de fenocristales y (82-65%) corresponde a la masa fundamental. Los fenocristales están constituidos por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, opacos, y esporádicamente moscovita.

El cuarzo (5-18%) se presenta como fenocristal y como parte de la masa fundamental; como fenocristal presenta formas subhedrales-anhedrales con tamaños desde 0,5 mm hasta de 3 mm y con textura de embahiamiento, como parte de la masa fundamental es difícil cuantificar su presencia por el tamaño de grano que es muy fino desde 20 μ m hasta criptocristalino.

TABLA 1. Análisis modal de la Riodacita del Cerro la Teta.

Muestra	Fenocristales	%	Masa fundamental	%	%	Clasificación
Guaj 65	Cuarzo	18	Felsítica	65		Riolita
	Feldespatos potásicos	8				
	Plagioclasa	7				
	Opacos	2				
Guaj 68	Plagioclasa	10	Microlítica	82		Riolita
	Cuarzo	5	Felsítica			
	Feldespatos potásicos	2				
	Opacos	1				
Guaj 67	Matriz	50	Fragmentos Líticos	20	fragmentos de cristales	30 Toba vítrea de cristales
	vítrea		Pomez	20	Plagioclasa	
					Feldespatos Potásicos	
					Moscovita	

La plagioclasa como fenocristales (5-10%) en cristales con formas euhedrales-subhedrales con tamaños de 0,5 mm hasta 2 mm, y como microfenocristales hasta microlitos desde (20 µm – 200 µm) como constituyente de la masa fundamental; la plagioclasa desarrolla texturas glomeroporfíricas y seriadas; los cristales presentan maclas según ley de albita-periclina con alteración parcial hasta total a carbonatos, sericita, clorita y actinolita. La plagioclasa no fue posible obtener su composición por el método de Michel-Levy por el grado de alteración que presenta.

El feldespato potásico (4-8%) es euhedral - subhedral, se encuentra como fenocristales entre 0,5 mm - 1,8 mm y como microfenocristales menores de 0,5 mm aislados. Es frecuente observar intercrecimiento peritético.

Los minerales opacos se encuentran diseminados en la roca y presentan tamaños desde 0,3 mm hasta 1 mm y corresponden a pirita. Los minerales corresponden a carbonatos, clorita y actinolita, los carbonatos se presentan como masas irregulares en cristales de plagioclasa y como parte de la masa fundamental; la clorita en masas micáceas de color verde a verde pálido, con leve pleocroísmo y como alteración de la plagioclasa; los cristales de actinolita se presentan con formas aciculares, delgados de tamaño muy fino en contacto con carbonatos y clorita. La sericita en masas micáceas de tamaño microcristalino y como alteración de los feldespatos (FIGURA 2). Como minerales accesorios se presentan circones en contenidos (traza) como cristales incoloros, euhedrales, con tamaño de 30 µm como máximo.

El material piroclástico corresponde a tobas vítreo – cristalinas de acuerdo a la clasificación de Schmid

(1981) de composición riolítica, estas son rocas entre grises y verdosas de apariencia compacta con presencia de fragmentos líticos de pómez (1-5%) de color amarillo crema con formas subangulares y tamaños de 2 mm - 6 mm.

Microscópicamente corresponde a textura vitroclástica constituida por una matriz vítrea de color crema amarillento a un rosado muy pálido, desvitrificada con tamaño microcristalino-criptocristalino con fragmentos de cristales de cuarzo, plagioclasa, mica blanca y fragmentos líticos de vulcanitas. Los fragmentos de cristales con tamaño desde 2 mm hasta 50 µm con formas con formas subangulosas – subredondeadas y levemente fracturados, ellos corresponden a cristales de cuarzo con textura embahada, cristales de plagioclasa con maclas según ley de albita-periclina con alteración a carbonatos y sericita, es de anotar que se observaron cristales de plagioclasa con textura antiperitética. El feldespato posiblemente corresponda a cristales completamente alterados a sericita con inclusiones de minerales opacos, los cuales por su grado de alteración no es posible identificarlos con precisión. También se observan láminas delgadas de moscovita. Los fragmentos líticos con tamaños hasta de 3 mm angulosos – subangulosos, los cuales corresponden a vulcanitas de composición ácida (riolitas) con textura porfírica y masa fundamental felsítica. También se presentan fracturas con espesores de 2 mm rellenas por carbonatos, cuarzo y cristales aciculares de actinolita. Sólo se observó un fragmento lítico de roca plutónica de con textura holocristalina, fanerítica de grano fino, hipidiomórfica constituida por cuarzo y plagioclasa.

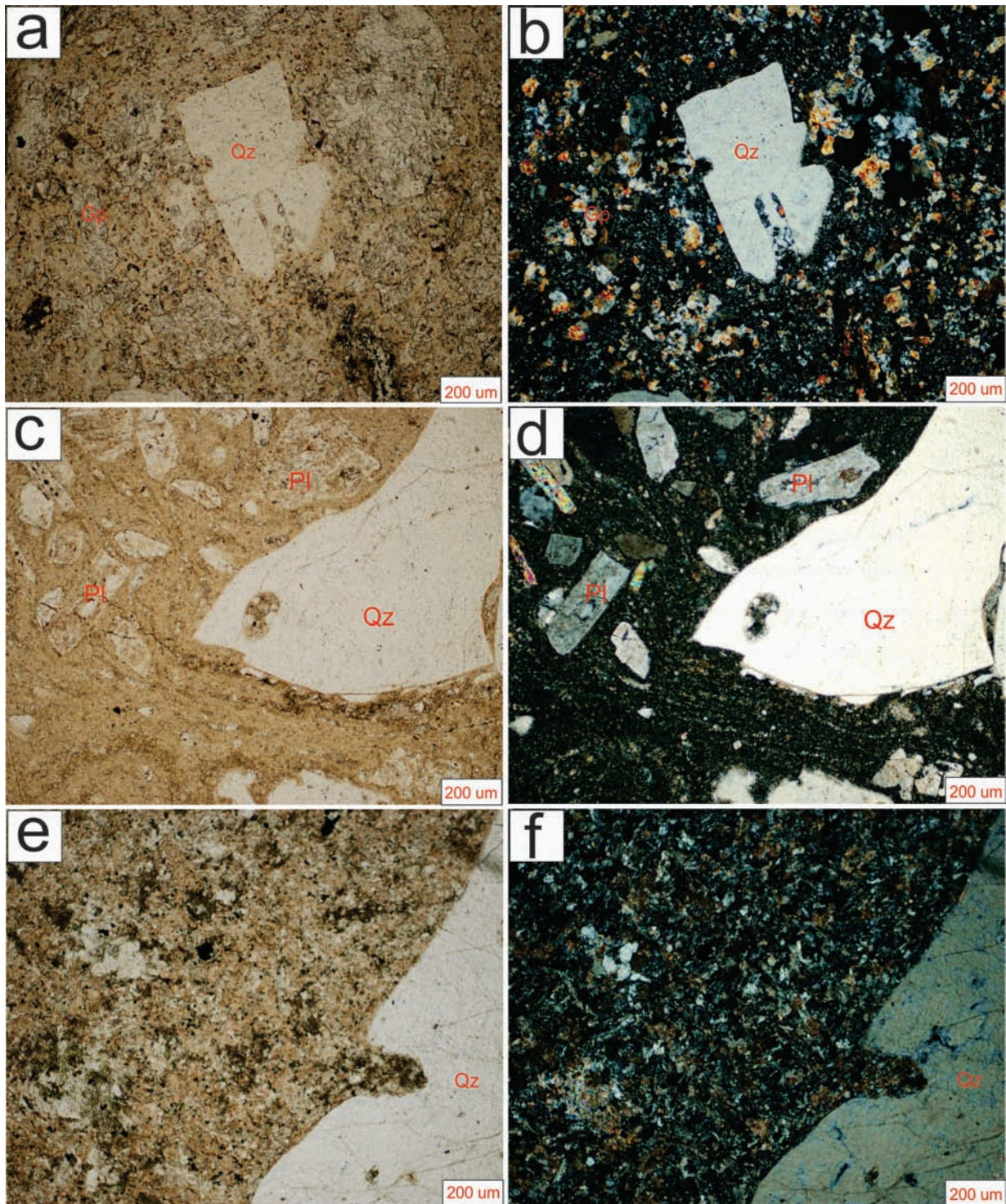


FIGURA 2. a. (Guaj 65) NII b. NX Textura hipocristalina con cristales de cuarzo (Qz) embahiado, y en la masa fundamental con presencia de minerales secundarios como yeso (Gp). c. (Guaj 67) NII d. NX Textura Vitro clásica con cristales de cuarzo (Qz) embahiado, plagioclasas (Pl); y la masa fundamental se está alterando a carbonatos y se observan cristales que conservan una textura de flujo. e. (Guaj 68) NII f. NX Textura hipocristalina, porfírica con fenocristales de cuarzo (Qz) embahiado, la masa fundamental está siendo reemplazada por carbonatos.

Geoquímica

De acuerdo con los resultados de las muestras analizadas para este trabajo, se aportan nueva información, que permite explicar el proceso de formación de estas rocas.

Para este propósito se utilizaron análisis de elementos mayores, menores y traza (TABLA2), para clasificar y caracterizar el marco geotectónico de las rocas efusivas del cerro La Teta y del arroyo Jurarein.

TABLA 2. Datos Geoquímicos dados por el laboratorio (valores sin normalizar).

Muestras	GUAJ 65	GUAJ 67	GUAJ 68	Muestras	GUAJ 65	GUAJ 67	GUAJ 68
COORDENADAS	N 11°41'57"	N 11°47'33"	N 11°47'34"	COORDENADAS	N 11°41'57"	N 11°47'33"	N 11°47'34"
	W 72°00'36"	W 71°56'55"	W 71°57'04"		W 72°00'36"	W 71°56'55"	W 71°57'04"
CLASIFICACION	Riolita	Toba Vítreo con Cristales	Riolita	CLASIFICACION	Riolita	Toba Vítreo con Cristales	Riolita
SiO ₂	63,39	76,60	63,12	Zr	100,9	139,2	149,3
Al ₂ O ₃	13,43	11,84	14,81	Y	2,1	23,1	23,5
Fe ₂ O ₃	1,19	1,19	3,78	La	26,8	27,4	24,4
MgO	0,01	0,23	0,71	Ce	51,3	54,0	46,8
CaO	0,03	1,28	4,45	Pr	5,29	6,26	5,76
Na ₂ O	0,55	2,98	3,00	Nd	15,9	25,3	21,1
K ₂ O	3,15	3,08	3,55	Sm	1,32	4,79	4,79
TiO ₂	0,20	0,19	0,59	Eu	0,23	0,76	1,08
P ₂ O ₅	0,10	0,12	0,18	Gd	0,70	4,21	4,34
MnO	0,01	0,07	0,11	Tb	0,07	0,66	0,70
Cr ₂ O ₃	0,002	0,002	0,002	Dy	0,19	3,86	4,04
LOI	17,8	2,3	5,6	Ho	0,09	0,76	0,75
Sum	99,89	99,84	99,92	Er	0,39	2,39	2,53
Ni	<20	<20	<20	Tm	0,05	0,35	0,35
Sc	4	3	11	Yb	0,49	2,83	2,60
Ba	638	1318	418	Lu	0,08	0,40	0,38
Be	2	2	<1	Mo	0,5	1,5	0,4
Co	0,4	1,7	6,6	Cu	1,4	3,7	4,4
Cs	<0,1	0,8	1,7	Pb	2,5	2,7	1,0
Ga	10,7	12,8	16,3	Zn	3	12	21
Hf	2,8	4,2	4,6	Ni	2,4	1,4	0,2
Nb	6,9	9,7	7,9	As	<0,5	2,2	<0,5
Rb	6,7	68,5	74,8	Cd	<0,1	0,2	<0,1
Sn	<1	2	<1	Sb	0,1	<0,1	<0,1
Sr	361,2	92,4	105,4	Bi	<0,1	0,1	<0,1
Ta	0,5	0,6	0,4	Ag	<0,1	<0,1	<0,1
Th	2,7	3,3	3,1	Au	1,7	1,3	<0,5
U	0,4	1,0	0,9	Hg	<0,01	0,01	0,02
V	16	11	71	Tl	<0,1	<0,1	<0,1
W	<0,5	0,5	<0,5	Se	<0,5	<0,5	<0,5

Las rocas muestran variaciones de SiO_2 entre 63 – 76 % en peso; además altos contenidos de Al_2O_3 (11 - 14 % en peso), TiO_2 (0,19 – 0,59 % en peso), $\text{FeO}_{\text{total}}$ (1,1 - 3,7 % en peso), MgO (0,01 – 0,79 % en peso), Na_2O (0,55 - 3,00 % en peso), K_2O (3,0 – 3,5 % en peso), indicativos de magmas de margen continental activa. En el diagrama de clasificación TAS (Le Bas *et al.*, 1986) (FIGURA 3a), las rocas se localizan en el campo subcalcino. En el diagrama de Winchester and Floyd (1977) de Zr/TiO_2 vs SiO_2 (FIGURA 3b), las rocas se clasifican como de composición riolítica – dacítica y una toba de composición riolítica, clasificación que está de acuerdo con la obtenida en el análisis petrográfico. Las rocas se proyectan en el diagrama AFM (Irvine and Baragar, 1971) (FIGURA 4a) dentro de la serie calco-alcalina. Utilizando el diagrama de Hastie *et al.* (2007)

de Th vs Co las muestras se proyectan en el campo de la serie calco-alcalina (FIGURA 4b).

En cuanto a los diagramas normalizados a REE de condrito de McDonough and Sun (1995) (FIGURA 5), se correlacionan con ambientes colisionales ya que presentan relaciones de abundancias de elementos de tierras raras livianas (LREE) $(\text{La}/\text{Yb})_N$ de 6,38 – 37,17 y de $(\text{La}/\text{Ce})_N$ de 1,31 - 1,35; y relaciones de tierras raras pesadas (HREE) $(\text{Gd}/\text{Yb})_N$ de 1,15 – 1,35, lo cual es característico de lavas de margen continental activa (Gill, 1981). Adicionalmente se muestra una evolución del magma donde la muestra (Guaj65) puede ser la menos diferenciada con respecto a las otras dos muestras analizadas.

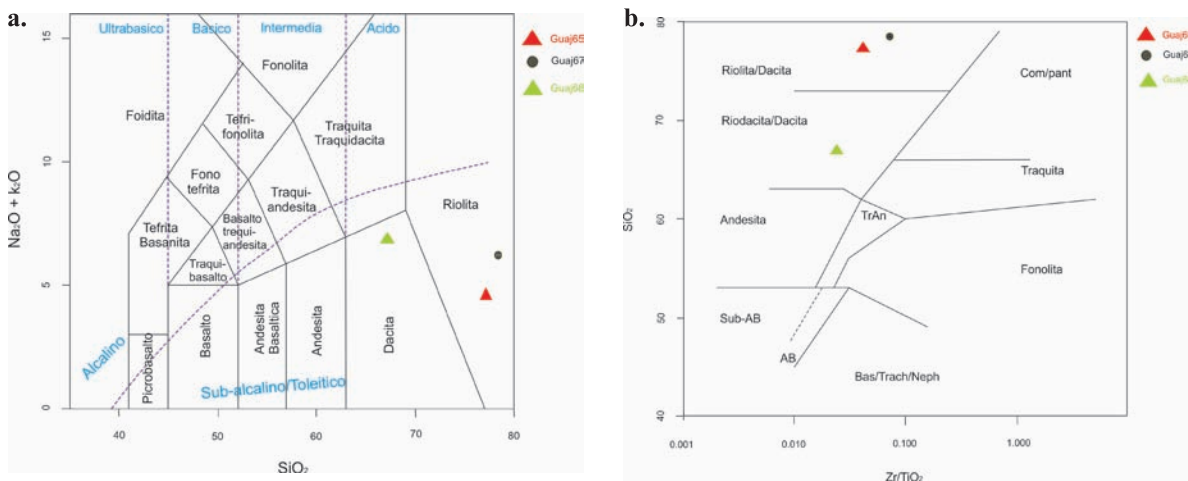


FIGURA 3. a. Diagrama de Clasificación TAS, Le Bas *et al.* (1986). Las tres (3) muestras caen en el campo sub-alcalino, donde las muestras se clasifican como riolitas (Guaj65 y Guaj67) y dacita (Guaj68). **b.** Diagrama de clasificación SiO_2 - Zr/TiO_2 plot, Winchester and Floyd (1977). Las tres (3) muestras caen en el campo sub-alcalino, donde las muestras se clasifican como riolitas (Guaj65 y Guaj67) y dacita (Guaj68).

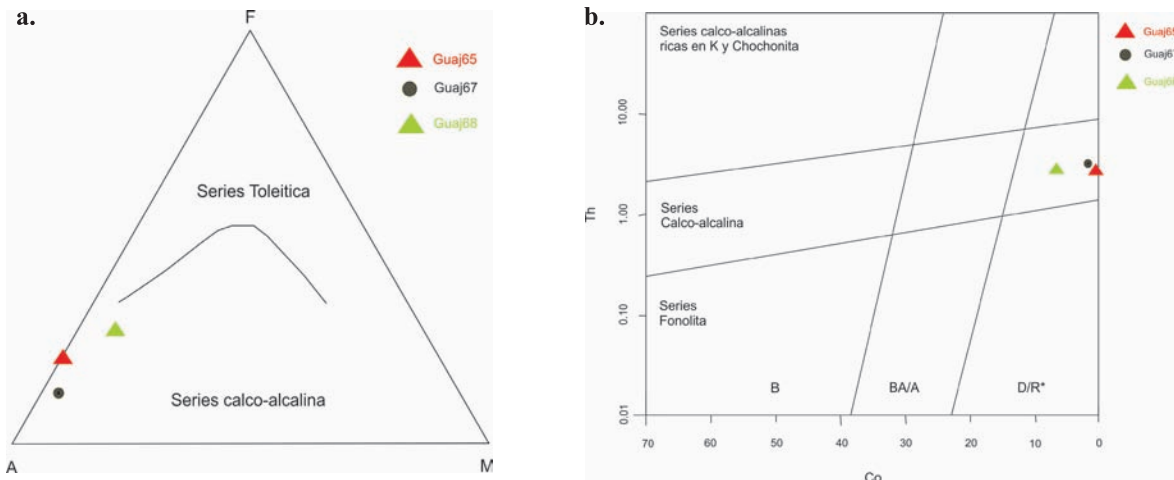


FIGURA 4. a. Diagrama de clasificación AFM, Irvine and Baragar (1971). **b.** Diagrama de clasificación Co-Th de Hastie *et al.* (2007). En ambos diagramas las tres (3) muestras caen en el campo de la serie calco-alcalina.

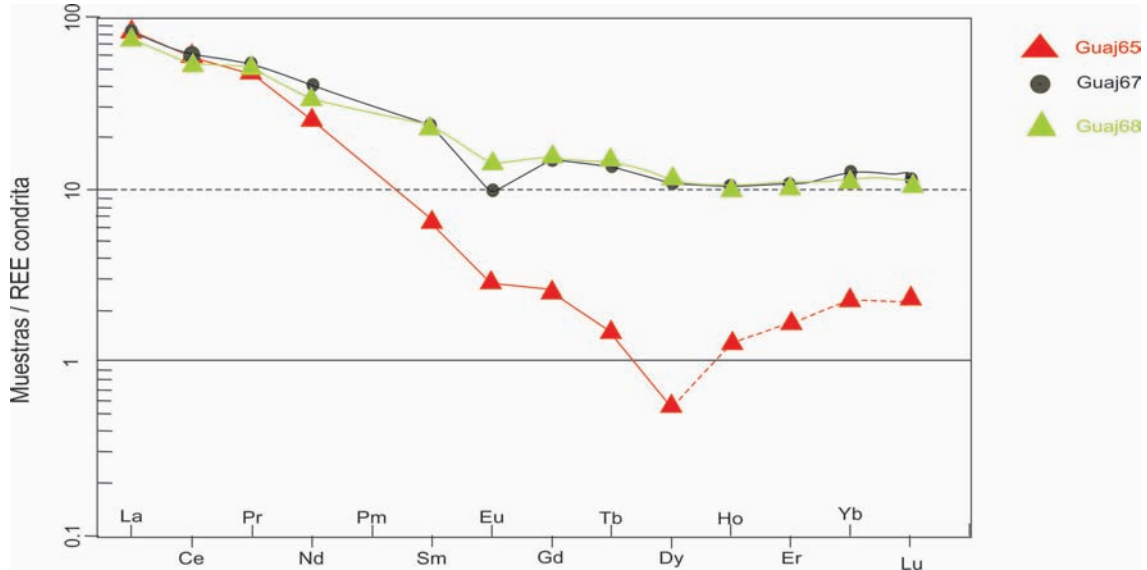


FIGURA 5. Diagrama de REE normalizado a condrito, McDonough and Sun (1995).

El diagrama multielemental de REE normalizados a N-MORB de Sun and McDonough (1989) (FIGURA 6) se muestra enriquecimientos significativos en elementos de iones litófilos (LILE) en relación con elementos de tierras raras pesados (HREE) y empobrecimientos en Nb y en K y Pb, que son comunes en las rocas del arco volcánico. El Cs tiene un fuerte enriquecimiento (superior a 100 veces el contenido en N-MORB). Las relaciones isotópicas

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio (0,70766) sugieren un origen cortical o un tiempo de residencia más alto (Zuluaga *et al.*, 2009).

Los datos geoquímicos de las rocas volcánicas fueron trazados en el diagrama de Ambientes tectónicos (Wood, 1980) se observa que las rocas se proyectan en el campo CAB (margen continental activo) atribuido a una zona de subducción (FIGURA 7).

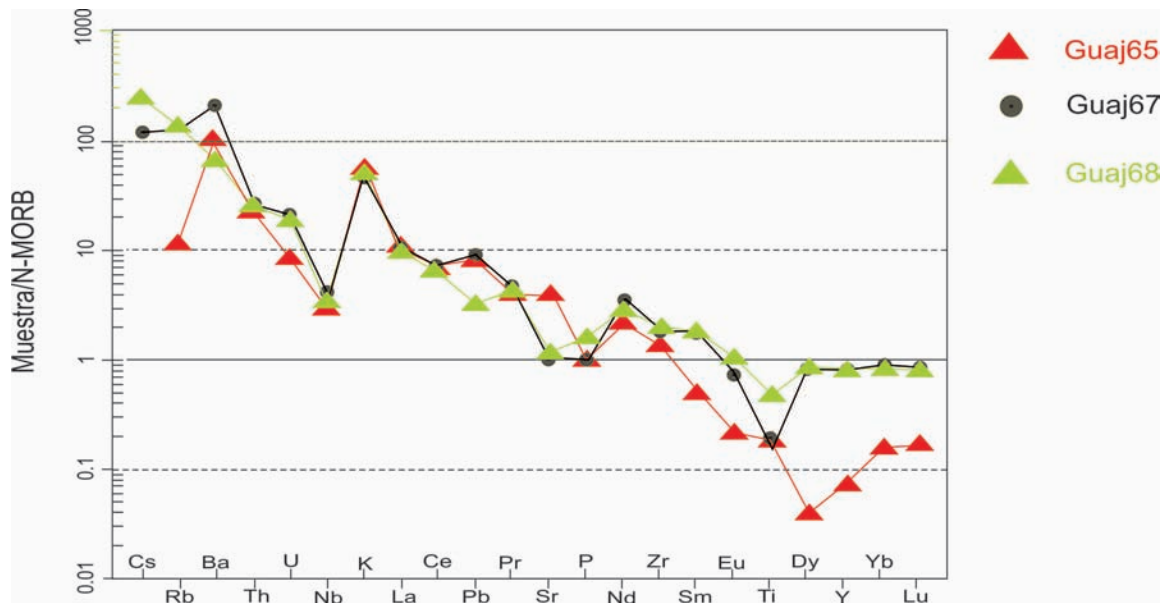


FIGURA 6. Diagrama de tierras raras normalizado a N-MORB, Sun and McDonough (1989).

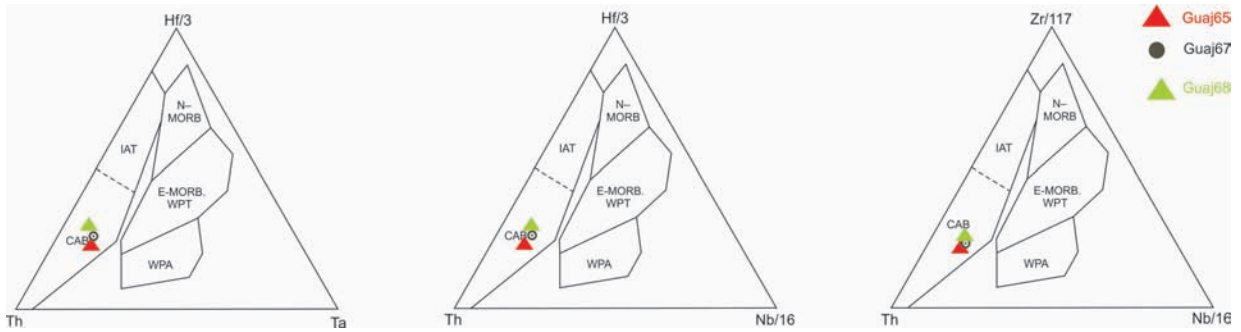


FIGURA 7. Diagrama discriminación de ambientes tectónicos, Wood (1980). Las tres (3) muestras caen en el campo CAB (margen continental activo).

DISCUSIÓN

En la literatura hay discrepancias en cuanto al nombre de la unidad volcánica objeto de este trabajo, tales como “Riodacita del Cerro La Teta”, “Volcánicas de área de Ipapure” o Riodacita de Ipapure - Cerro La Teta”. Además se mantiene otra dificultad de nomenclatura, ya que existe otra unidad con el nombre de Ipapure, la “Granodiorita de Ipapure”. En consecuencia, con fines puramente prácticos, en este trabajo usaremos el nombre de “Riodacita del Cerro La Teta”

Las rocas analizadas, pertenecientes a la Riodacita del Cerro La Teta en el sureste de la Alta Guajira Colombiana (FIGURA 1), se clasifican petrográficamente como riolitas y el material piroclástico como tobas vítreas con fragmentos cristalinos de riolitas (FIGURA 2). Geoquímicamente provienen de un magma de composición subcalalina (FIGURA 3) de la serie calcalalina (FIGURA 4) que indica correspondencia con riolitas y dacitas, según la concordancia de los resultados petrográficos realizados.

Adicionalmente, los diagramas de condrito indican características de lavas de margen continental activa; con una evolución del magma donde la muestra de riolita (Guaj65) es la menos diferenciada con respecto a las otras dos muestras, una toba vítrea con fragmentos cristalinos de riolitas (Guaj67) y una riolita (Guaj68) (FIGURA 5). El diagrama multielemental sugiere un origen a partir de arcos volcánicos, con magma afectado por una posible contaminación cortical durante el ascenso del mismo (FIGURA 6).

La Riodacita del Cerro de La Teta es de edad Jurásica Media - Tardía, ya que de acuerdo a relaciones estratigráficas de campo, se pudo comprobar que esta se encuentra en contacto discordante y suprayacida por la Formación Palanz de edad Cretácico temprano (Berriasiano).

Todos los datos anteriores permiten plantear que las rocas volcánicas denominadas Riodacita del Cerro de La Teta se generaron por la acción de volcanismo calcalalino, a partir de arcos volcánicos continentales maduros de edad Jurásico Medio-Tardío (?), en una margen continental activa (FIGURA 7). Se sugiere subducción de la Placa Farallón (?) lo que plantea un modelo arco-subducción para esta sección de rocas volcánicas mesozoicas de la Península de la Guajira. Sin embargo, deberán establecerse con claridad las edades para todas las rocas volcánicas pre-Cretácicas de la alta Guajira, además de considerar que en esta región los regímenes tectónicos pueden haber presentado grandes variaciones durante el Mesozoico.

El régimen compresivo determinado en este trabajo al parecer se opone parcialmente a lo planteado por Medina *et al.* (2009), al menos en lo que concierne a las volcanitas del Cerro la Teta. La posibilidad de que el vulcanismo Jurásico de la Guajira Colombiana fuera generado en un régimen tectónico distensivo durante la separación de América del Norte y Suramérica deberá esperar más datos geocronológicos y geoquímicos.

Para una visión completa de la historia geológica de esta área, se deberán revisar las otras rocas volcánicas mesozoicas de la península. La Formación Rancho Grande (Renz, 1960; Rollins, 1965), que es una unidad de edad pre-Cretácica cartografiada en la misma zona, está constituida por conglomerados, areniscas y lutitas rojas. En la región de Cojoro, la Formación Rancho Grande es atravesada por diques, silos y flujos riolíticos (Rollins, 1965). Esta asociación entre capas rojas y volcanitas, podría apoyar el modelo de apertura sugerido por Medina *et al.* (2009), al menos para algunas de las rocas volcánicas de la alta Guajira.

Asumiendo el modelo compresivo para la Riodacita del Cerro de La Teta, se esperaría que estas rocas fueran generadas cercanas a la zona de subducción. Esto se aleja

de lo planteado por Kennan and Pindell (2009), quienes establecen una posición geográfica muy al interior continental para la Guajira durante el Jurásico Medio - Tardío (a más de 1000 km del margen activo Jurásico).

En este trabajo se sugiere que durante la generación de las volcanitas de la unidad Riodacita del Cerro de La Teta, la Península de la Guajira Colombiana se hallaba en una posición más al suroccidente de la sugerida por Kennan and Pindell (2009), mucho más cerca de la zona de subducción de la Placa Farallón (FIGURA 8).

La posición actual de la Península de la Guajira se explicaría por desplazamientos asociados a fallas de rumbo (dextrales), que llevaron los bloques desde el suroccidente a lo largo del margen activo Jurásico, hasta el noreste en su posición actual. Esto significa que la Península de la Guajira pudo ser desplazada hacia el norte junto con otros terrenos Jurásicos tal como lo indican Bayona *et al.* (2006) (FIGURA 9).



FIGURA 8. Reconstrucción paleogeográfica de Norte – Suramérica. (Modificado de Kennan and Pindell, 2009)

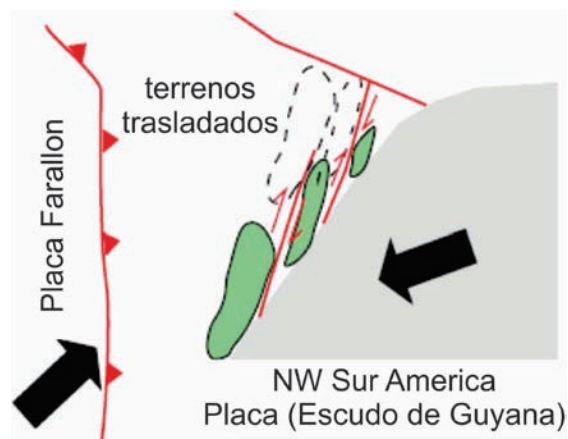


FIGURA 9. Movimiento sugerido para la Península de la Guajira Colombiana a través de estudios de paleomagnetismo en rocas mesozoicas del Norte de los Andes y sus implicaciones en la tectónica del Mesozoico del noroeste de sur América (Bayona *et al.*, 2006).

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros agradecimientos a Colciencias y la Universidad de Caldas por la financiación de este estudio. De igual forma agradecemos al Instituto de Investigación Estratigráfica (IIES) por el préstamo del laboratorio petrográfico. Asimismo, se agradecen los valiosos aportes y sugerencias de los evaluadores Julián López y un segundo árbitro anónimo, y del editor Francisco Velandia, que permitieron mejorar enormemente este trabajo.

REFERENCIAS

- Bayona, G., Rapalini, A, and Alvarez, V.C. 2006. Palomagnetism in Mesozoic rocks of the Northern Andes and its Implications in Mesozoic Tectonics of Northwestern South America. *Earth Planets Space*, 58: 1255-1272.
- Gill, J.B. 1981. *Orogenic Andesites and Plate Tectonics*. Springer. Berlín, 336p.
- Hastie, A.R., Kerr, A.C., Pearce, J.A, and Mitchell, S.F. 2007. Classification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements: development of the Th-Co discrimination diagram. *Journal of Petrology*, 48: 2341- 2357.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8: 523-548.
- Irving, E.M, 1972. Mapa geológico de la península de La Guajira, Colombia (Compilación): Escala 1:100.000.
- Kennan, L. and Pindell, J.L. 2009. Dextral shear, terrane accretion and basin formation in the Northern Andes: best explained by interaction with a pacific-derived Caribbean Plate. World Wide Web Address: http://www.tectonicanalysis.com/site/download/Kennan_Pindell_2009_Northern_Andes_PREPRINT.pdf
- Le Bas, M., Le Maitre, R., Streckeisen, A, and Zanettin, B. 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology* 27: 745-750.
- MacDonald, W.D. and Opdyke, N.D. 1972. Tectonic rotations suggested by paleomagnetic results from Northern Colombia, South America. *Journal of Geophysical Research*, 77 (29): 5720 – 5730.
- McDonough, W.F, and Sun, S.S., 1995. The composition of the Earth, *Chemical Geology*, 120, 228p. Wide Web

Address: <http://www.jgeosci.org/detail/jgeosci.020/refs/>

Medina, P.A., Zuluaga, C.A., Pinilla, A., Ríos, P.A., Guerrero, N.M, y Martínez, A.M. 2009. Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://www.ugr.es/~agcasco/igcp546/Colombia09/abstracts/Medina%20et%20al.pdf>

Pindell, J.L, 1985. Alleghenan reconstruction and subsequent evolution of the Gulf of Mexico, Bahamas, and Proto-Caribbean: *Tectonics*, 4 (1): 1-39.

Pindell, J.L, and Barrett, S.F, 1990. Geological evolution of the Caribbean region: a plate tectonic perspective, *in* Dengo, G., and Case, J. E., eds., *Geology of North America, The Caribbean region*. Volume H. Boulder, Colorado, geological Society of America, pp. 405-432.

Radelli, L. 1960. El basamento cristalino de la Península de La Guajira. *Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional, Bogotá*, 8 (1-3), 5-23.

Renz, O, 1960. Geología de la parte sureste de la Península de Guajira (República de Colombia). *Memorias del III Congreso Geológico Venezolano: Boletín Geológico, Publicación Especial*, 3:317-346.

Rollins, J. 1965. Stratigraphy and structure of the Guajira Peninsula, northwestern Venezuela and northeastern Colombia. *University of Nebraska Studies*, 30 (1-1102).

Schmid, R. 1981. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the IUGS Subcomission on the systematic of igneous rocks. *Geology* 9: 41-43.

Sun, S.S, and McDonough, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *In* Sanders A.D. and Norry, M.J. (eds), *Magmatism in ocean basins*. Geological Society. London. *Spec. Pub.*, 42: 313–345.

Winchester, J, and Floyd, P. 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20: 325-343.

Wood, D.A. 1980. The application of a Th–Hf–Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters*, 50: 11-30.

Zuluaga, C.A., Ochoa, A., Muñoz, C.A., Guerrero, N.M., Martínez, AM., Medina, P.A. Pinilla, A., Ríos, P.A., Rodríguez, B.P, Salazar, E.A, y Zapata, V.L. 2009. Memoria de las planchas 2, 3, 5 y 6 (con parte de las planchas 4, 10 y 10Bis). Proyecto de investigación: cartografía e historia geológica de la Alta Guajira, implicaciones en la búsqueda de recursos minerales, INGEOMINAS – Universidad Nacional de Colombia, 522p.

Trabajo recibido: septiembre 18 de 2012

Trabajo aceptado: junio 28 de 2013